

# 차량 리어플로어 판넬 성형 CAE 및 평가 표준화 Standard Construction of CAE and Evaluation Processes for Stamping of Rear Floor Panel

\*#김세호<sup>1</sup>, 정대근<sup>1,2</sup>, 최현준<sup>1</sup>

\*S. H. Kim(mvcksh@daegu.ac.kr)<sup>1</sup>, D. G. Jung<sup>2</sup>, H. J. Choi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 대구대학교 자동차·산업·기계공학부, <sup>2</sup> 한국생산기술연구원 금형성형기술연구부

Key words : Standard, Stamping Process, CAE, Rear Floor Panel

## 1. 서론

자동차 차체부품의 대부분은 철강재료를 이용한 소성가공 공정으로 생산되고 있으며, 외관류, 멤버류, 보강재류 등의 차량 구조 핵심부품은 강관을 이용한 프레스 성형공정을 통하여 제작되고 있다. 자동차 및 부품 제조사에서는 전통적으로 현장의 경험을 중시한 공정 및 금형설계·제작을 수행하고 있으며, 개발되고 있는 부품 각각에 대하여 초기 금형설계안이 도출되면 후속작업으로 CAE를 활용하여 성형불량을 제거하는 설계변경을 실시하고 있다. 대부분 체계화된 CAE D/B 구축을 하지 못한 관계로 신개발품의 경우 지속적인 시행오차에 의한 납기 지연, 과다 개발비 투입 등의 문제점이 발생하고 있다. 또한, 성형공정 CAE 결과와 시험과의 체계적인 검증 및 변형기구의 정확도 향상을 위한 연구가 현장에서 잘 진행되지 않으며, 단순히 파단, 주름, 스프링백 등 불량 예측에 그치고 있다.

본 논문에서는 차량의 리어 플로어 판넬(rear floor panel)의 성형공정 설계·금형설계·시험성형·양산지원을 지원하기 위한 성형공정 CAE 및 결과 평가에 관련된 내용을 다루었다. 먼저, 리어 플로어 판넬의 성형공정 해석을 실시하였으며, 성형해석 결과의 체계적 검증을 위한 시험결과와의 비교표준을 작성하였다. 성형공정 CAE에 사용된 조건을 바탕으로 시제품 성형을 실시하였다. 얻어진 시제품 판넬을 측정하여 CAE 결과와 비교하였으며, 작성된 비교표준에 의한 CAE의 정확성 및 타당성을 검증하였고, 제작된 시제품이 양산에 적용될 수 있음을 확인하였다.

## 2. 성형 CAE 조건 및 결과표준

### 2.1 성형 CAE 대상물

본 논문의 대상인 SUV 차량의 리어 플로어 판넬은 Fig.1에 도시한 바와 같이 차량 중간, 뒷부분을 구성하는 리어 플로어 어셈블리에서 가장 큰 대면적 부품으로 구동, 배기, 현가, 연료장치가 장착되며 외부의 소음, 물, 먼지의 유입을 방지하고 충돌상황으로부터 승객, 연료장치를 보호하는 중요한 역할을 하고 있다. 판넬은 길이 1420 mm, 폭 1300 mm, 높이 139 mm인 대형부재로 성형해석을 위한 전처리 과정 및 결과 분석과 비교가 매우 까다로운 부품의 하나로, 성형 CAE 및 결과평가 표준의 검증을 위한 난이도가 있는 부품이다.

### 2.2 성형 CAE 조건

리어 플로어 판넬의 경우 실제 양산 성형 공정에서는 4-5 단계로 제품을 생산하게 되나, 본 논문에서는 주요 불량 및 형상의 문제점이 발생하는 OP10 드로우 성형을 대상으로 성형해석을 하였다. OP10 후의 트리밍 공정 및 스프링백 공정은 일반적인 방법으로 해석을 수행하고 시험과 결과를 비교하였다. Fig. 2에 OP10 드로우 성형용 금형 데이터의 3차원 CAE 형상을 도시하였다. 드로비드는 제품면을 따라 도시한 바와 같이 원형의 단면을 가지는 형상으로 1차 설계되었다. Fig. 3에는 금형 및 블랭크의 유한요소모델을 도시하였다. 금형 및 블랭크는 쉘요소로 모델링하였으며, 성형 및 스프링백 과정의 정확한 모사를 위하여 금

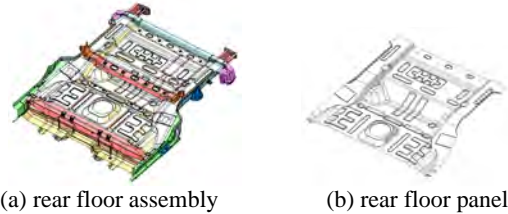


Fig. 1 Shape of the rear floor assembly and panel considered in the stamping process.

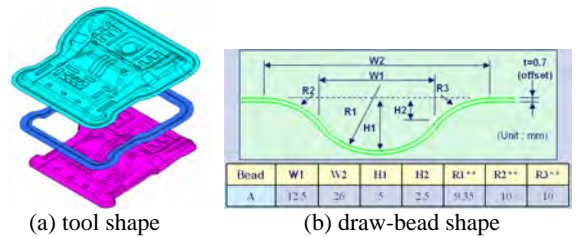


Fig. 2 Schematic shape of the tools used for manufacturing rear floor panel

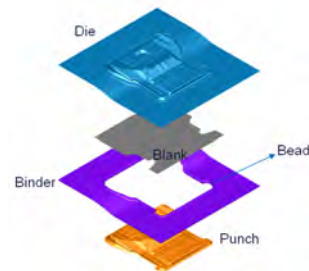


Fig. 3 Finite element models of tools and the blank

형면의 곡률부를 7.5° 간격으로 분할하였다. 블랭크는 초기 크기 10 mm를 부과하였으며, 해석중에 적응형 격자분할 4회까지 허용하도록 하였다. 해석은 상용유한요소 프로그램인 PAM-STAMP 2G V2008을 사용하였다. 블랭크로 SPCC 강판을 사용하였고, 두께는 0.75 mm이다. 강관의 항복 후 응력-변형률 관계식은  $\sigma = 563.1(0.003108 + \epsilon^p)^{0.2689}$  MPa로 표현된다. 재료는 수직 이방성으로 가정하였으며, 이방성 계수는 1.725이다. 블랭크와 금형은 무연할 조건을 가정하여 쿨롱 마찰계수 0.15로 근사하였다. 블랭크 홀딩력은 650 kN으로 부과하였다. 드로비드는 보다 정확한 해석을 위하여 실제형상을 금형에 모델링하여 해석을 수행하였다. OP10 성형공정의 해석은 자중처짐 해석, 바인더랩 해석, 편치성형 해석으로 세분하여 실시하였고, OP10 공정이 완료된 후 트리밍 공정 및 스프링백 해석을 실시하였다.

### 2.3 성형 CAE 결과표준

리어 플로어 판넬 CAE 결과 및 시험결과를 비교하고 CAE의 정확성 검증 및 설계반영을 위하여 결과비교 표준안을 구축하였다. 결과는 크게 변형형상과 변형기구로 나누어진다. 변형형상 비교를 위하여 Fig. 4에 도시한 점에서 외곽선의 유입량과 3차원 전체에서의 스프링백량을 시험과 비교하도록 하였다. 유입량 비교로 성형품 내부에서의

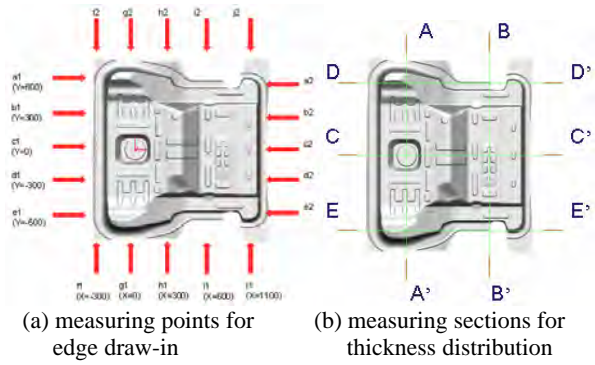


Fig. 4 Measuring locations of the edge draw-in and thickness distribution

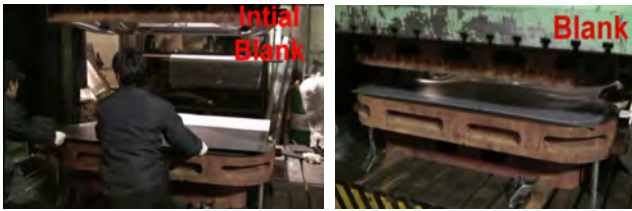


Fig. 5 Try-out process for rear floor panel



Fig. 6 Fabricated prototypes of rear floor panel

변형량 예측의 정확성을 간접적으로 검증할 수 있으며, 3차원 형상비교로 스프링백 예측의 정확성을 검증할 수 있다. 변형기구 부분에서는 주어진 5개 단면에서의 두께비교를 실시하도록 하였다. 특히 양산부품의 CAE에서 공수를 절감하기 위하여 두께분포를 검증하지 않고 있으나 성형 CAE의 정확성을 확보하기 위해서는 필수적이라고 생각된다.

### 3. 시제품 제작 및 검증

#### 3.1 시제품 제작 및 측정

CAE 결과 및 시험결과를 결과비교 표준에 따라 비교하기 위하여 해석에서 사용된 금형형상과 공정변수를 활용하여 금형형상을 수정하고, Fig. 5와 같은 시험성형 공정을 거쳐 시제품을 제작하였다. Fig. 6에 제작된 시제품을 도시하였다. 제작된 시제품의 변형양상을 검증하기 위하여 초음파 두께측정기를 이용하여 단면에서의 두께를 측정하였으며, 3차원 측정기를 이용하여 3차원 형상을 측정하였다.

#### 3.2 CAE 결과표준을 이용한 검증

성형 CAE와 시험에서 얻은 결과를 비교 표준에 따라 검증하였다. Fig. 7에 유입량을 비교하였으며, 오차범위 5mm 이내로 잘 일치함을 알 수 있었다. Fig. 8에 스프링백 해석 이후 스프링백양을 측정값과 비교하였으며, 대체로 비슷한 경향을 보이고 있음을 알 수 있었다. 시험결과를 측정하기 위하여 일반적으로 측정구(C/F)를 사용하나 본 논문에서는 측정구를 활용하지 않아 자중치짐 등의 오차가 발생한 것으로 판단된다. Fig. 9에 주요 단면부의 두께분포를 도시하였는데, 시험과 해석결과가 매우 잘 일치하는 것으로 나타났다. 이러한 결과비교 표준을 바탕으로 CAE의 결과를 정량적으로 비교할 수 있었으며, 대형 판넬부품의 금형보정 등에 효과적으로 활용될 수 있음을 확인하였다.

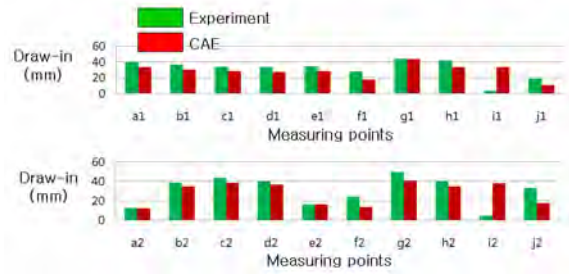


Fig. 7 Comparison of edge draw-in amounts

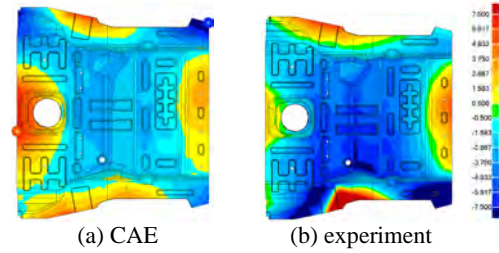


Fig. 8 Comparison of springback amount after trimming

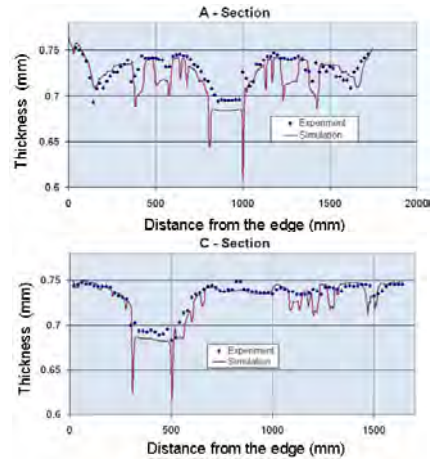


Fig. 9 Comparison of thickness distribution

## 4. 결론

본 논문에서는 차량 박판부품 프레스 성형공정의 CAE 과정에서 CAE 및 결과비교의 표준을 제시하였으며, 이를 대면적 제품인 리어 플로어 판넬의 성형에 적용하였다. 제시된 표준을 따라 성형 및 시제품 제작을 거쳐 결과를 비교하였으며, 형상이 복잡하고 대형 제품인 경우에도 문제 없이 활용 가능함을 입증하였다. 추후 다양한 부품에 표준을 적용하게 되면 성형공정 CAE 과정의 일부를 표준화할 수 있어 개발 기간 단축 및 비용절감에 상당부분의 역할을 하리라 기대된다.

## 후기

본 논문은 지식경제부 산업원천기술개발사업의 “자동차 핵심부품 생산기반공정기술 플랫폼 개발사업”의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. 한국생산기술연구원, 자동차 핵심부품 생산기반공정 플랫폼기술 성과발표회 자료, 2010.
2. 송정한, 허 훈, 김세호, 김승호, “해석적인 방법을 이용한 복잡한 형상의 자동차 부재 스탬핑 공정에서의 주요 설계인자 연구,” 한국소성가공학회 논문집, 14, 21-28, 2005.